

продукту виробництва, а його контроль є важливим фактором підтримки високоякісної технології. В результаті проведеного аналізу створено систему реєстрації торкання, яка дозволяє визначити вимоги до принципів побудови систем датчиків, їх необхідні технічні характеристики та аспекти застосування. Сучасна система торкання повинна мати велику швидкодію. Визначено, що найбільш ефективні системи торкання для контролю процесу механообробки повинні мати наступні інформаційні виходи до CNC технологічного обладнання: якість торкання; торкання; відстань; готовність, що підвищує якість прецизійних технологічних процесів механообробки. Проведені експериментальні дослідження, які підтвердили, що впровадження результатів досліджень у виробництво дає можливість зменшити трудомісткість при обробці деталей від 15% до 25%. На основі комплексу проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено інженерні рекомендації до проектування технологічних процесів на верстатах із ЧПК, що дозволить підвищити точність обробки у разі (в залежності від умов) за рахунок зменшення похибок максимальної обробки контуру, викликані не жорсткістю технологічної системи.

*Ключові слова:* точність, система, механообробка.

UDC 621.91.01:681.3.01

## MODELING PARAMETERS OF THE DETAIL'S SURFACE LAYER

*Oksana Voloshko, Sergii Vysloukh,*

*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: [voloshko\\_o@ukr.net](mailto:voloshko_o@ukr.net), [vspl@ukr.net](mailto:vspl@ukr.net)*

The main method for producing parts of devices is their mechanical processing. When machining parts, especially important characteristics are to obtain the required quality of the detail's surface layer and control elastically deformed state at the places of application of cutting forces and the emergence of temperature fields in the processing zone.

The analysis of the scientific literature has made it possible to determine that to control the parameters of the surface layer quality and the values of the elastically deformed state of the detail after its machining, namely the value of residual deformations and stresses is expedient by means of cutting modes by changing the speed, flow and depth of cutting. The main advantage of using these parameters is that they have the greatest influence on the formation of the detail's elastically deformed state, the simplicity of their change by the technologist, which allows to use the already existing technological process by its minimal adjustment.

The purpose of this work is to create a technique for determining the elastic state of a detail using modern computer simulation and numerical analysis systems.

The solution to this issue can be the development of new computational methods based on the use of modern computer simulation and numerical analysis systems,

with appropriate scientific generalization of known theoretical and practical developments in this field. One of these numerical methods is the finite element method (FEM), the application which allows to achieve the desired results with minimal time spent.

The finite element method allows you to divide the workpiece by the required number of elements and to perform separate mathematical calculations at each point. The advantages of this method are that the finite elements are simple elements (straight lines, triangles, rectangles, pyramids, prisms). Thus, by this method it is possible to approximate bodies with complex shapes. Element sizes can also be variable, allowing you to enlarge or reduce grid elements. With FEM, it is easy to consider boundary conditions with breaking surface load, as well as mixed boundary conditions.

The mechanics of stress-deformed body, which is the basis for the implementation of the finite element method for solving the tasks of modelling cutting processes, is based on the following fundamental laws and equations: the law of mass conservation; energy conservation law; the law of conservation of traffic; equilibrium equation; Fourier law of thermal conductivity; equation of the movement-deformation relation; equation of stress and deformation of bodies.

In addition to these fundamental laws, one should point to the strict requirement for continuity of deformations within one body, which is conditioned by the condition of joint deformation [1].

Mathematical representation of patterns of stress fields' formation in the workpiece after machining requires consideration of a significant quantity of factors. The main ones include cutting mode parameters, physic-mechanical and chemical properties of the workpiece, the sequence of detail's processing, tool geometry, tool wear, etc.

Literature [2] provides a rationale for using numerical methods of surface layer quality control. It is proposed to use the finite element method and its capabilities for modelling the cutting process and the ability to work with the required physical values. It also outlines the basic theoretical principles of the finite element method, the mathematical dependencies required to solve tasks related to elastic and plastic deformations, and the formation of residual stresses. Such dependence is known from scientific works

$$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon^n\} + \{\varepsilon^m\} + \{\varepsilon^{nn}\},$$

where  $\{\varepsilon\}$  – is the vector of total deformation;  $\{\varepsilon^n\}$  – vector of elastic deformation;  $\{\varepsilon^m\}$  – vector of temperature deformation;  $\{\varepsilon^{nn}\}$  – vector of plastic deformation.

The presented relations are implemented in the calculation algorithms of most programs of finite element analysis, for example in FEMAP, in the form of a mathematical description of grid elements [3].

The use of computer analysis methods can reduce the cost of material and labor resources, because the real experiment is replaced by a virtual one, reduce the

duration of technological preparation of production and improve the quality of technological decisions made.

**Keywords:** machining, details' surface layer, quality parameters, elastically deformed state, finite element method, FEMAP.

#### **References**

- [1] Д. В. Криворучко, В. А. Залога, *Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы: монографія*, В. А. Залога, Ред. Сумы, Украина: Университетская книга, 2012.
- [2] А. Н. Болотеин, “Анализ напряжённно-деформированного состояния деталей после механической обработки средствами компьютерного моделирования”, *Вестник РГТУ имени П. А. Соловьёва*, №1(28), с. 54 – 61, 2014.
- [3] O. V. Voloshko, S. P. Vysloukh, “Researching of detail's construction with method of final elemental analysis”, *Перспективні технології та прилади*, червень 2019 р. Луцьк: Луцький НТУ, с. 46-51, 2019.

УДК 621.9:658.512

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ**

*Філіппова М. В.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

*E-mail: [m.filippova@kpi.ua](mailto:m.filippova@kpi.ua)*

В даний час скорочення термінів та покращення якості розроблення технологічних процесів може бути досягнуто шляхом застосування автоматизованих систем проектування, які вимагають формалізації всіх етапів проектування й створення відповідних математичних моделей.

Технологічні процеси механоскладальних робіт характеризуються великою кількістю елементів, складними та різноманітними зв'язками між ними. Традиційні методи аналізу таких об'єктів не дозволяють будувати моделі й описувати такі важливі їх характеристики, як функція, багаторівнева організація та структура загальних властивостей складних об'єктів і процесів. У зв'язку з цим великого значення набуває розроблення математичних моделей, що базуються на системному підході до об'єктів виробництва та технологічних процесів в цілому.

При автоматизації проектування технологічних процесів складання перспективним є напрямок генерації технологічно-раціональних послідовностей формування складальної одиниці (вироби) шляхом автоматизованого синтезу. Для автоматизованого побудови саме технологічного процесу складання необхідна велика кількість початкової інформації, в зв'язку з цим ймовірність введення неправильної інформації висока, та обов'язково призведе до некоректної генерації послідовності складання. Зокрема, для вибору необхідного обладнання та оснащення